

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Vytvoření plánu preventivních prohlídek a predikce u
vysokovýkonných strojů Mori Seiki NZX 2500/1000 a
parametrické srovnání strojů s odlišným rokem výroby

Plan Creation of Preventive Examinations and Prediction at High-
Powered Machines Mori Seiki NZX 2500/1000 and Parametric
Comparison of Machines with Different Made Year

Student:

Antonín Brušík

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Antonín Brušík**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování

Téma: Vytvoření plánu preventivních prohlídek a predikce u vysokovýkonných strojů Mori Seiki NZX 2500/1000 a parametrické srovnání strojů s odlišným rokem výroby
Plan Creation of Preventive Examinations and Prediction at High-Powered Machines Mori Seiki NZX 2500/1000 and Parametric Comparison of Machines with Different Made Year

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Technická diagnostika obráběcích strojů je vzhledem ke specifickým vlastnostem těchto zařízení velmi problematická a náročná. Mezi tyto specifické odlišnosti lze považovat např. vysoké otáčky, velké nároky na přesnost výroby a tudíž i na nízké vibrace. V rámci této diplomové práce se zabývejte touto problematikou, proberte možnosti a úskalí aplikace metod technické diagnostiky na tato zařízení. Proveďte potřebná měření, data analyzujte a navrhnete případná doporučení.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proveďte potřebná měření.
5. Proveďte konkrétní provozní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce

Seznam doporučené odborné literatury:

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

KREIDL, M., ŠMÍD, R.: *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 1.vydání, 408s., ISBN 80-7300-157-6

HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6

ŠAFR, E. *Tribotechnika*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984. 300 s. 04-243-84

ŠAFR, E. *Technika mazání*. 2. dopl. vydání, SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1970. 381 s. ISBN 04-010-70

KREIDL, M. a kol.: *Diagnosticke systémy*. ČVUT v Praze, Praha 2001, 352 s., ISBN 80-01-02349-4

Podkladové materiály - ADASH s.r.o., Brüel Kjaer, SKF Ložiska a.s.

ČSN 20 0065 *Metody měření a hodnocení mechanického kmitání-Mezní hodnoty kmitání*. Praha: Český normalizační institut, červen 1992. 16 s.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. 5. 2017



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2017



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Antonín Brušík

Adresa trvalého pobytu autora práce: Strání 141, 687 65

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BRUŠTÍK, A. *Vytvoření plánu preventivních prohlídek a predikce u vysokovýkonných strojů Mori Seiki NZX 2500/1000 a parametrické srovnání strojů s odlišným rokem výroby: diplomová práce.* Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2016, 49 s. Vedoucí práce: Ing. Blata, J., Ph.D.

Diplomová práce se zabývá tribotechnickou diagnostikou jako nástrojem k vytvoření plánu preventivních prohlídek a predikce u obráběcích center Mori Seiki NZX 2500/1000 ve společnosti Česká zbrojovka a.s. v Uherském Brodě. V úvodu se seznámíme s technickou diagnostikou obráběcích strojů. V další části je vysvětlena problematika tření a opotřebení a závěr teoretické části patří tribotechnické diagnostice. Praktická část se zaměřuje na laboratorní zkoušky odebraných vzorků a jejich vyhodnocení. Závěrem uvádím porovnání stavu CNC strojů na základě výsledků a navrhuji plán preventivních kontrol.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

BRUŠTÍK, A. *Plan Creation of Preventive Examinations and Prediction at High-Powered Machines Mori Seiki NZX 2500/1000 and Parametric Comparison of Machines with Different Made Year: Diploma Thesis.* Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 2016, 49 p. Thesis head: Ing. Blata, J., Ph.D.

The diploma thesis is focused on tribotechnical diagnostics as a tool for creating of a plan of preventive inspection and prediction in the case of machining centres Mori Seiki NZX 2500/1000 in the company Česká Zbrojovka a.s. located in Uherský Brod. In the introduction we are informed about technical diagnostics of machining centres. In the next part problems of friction and wear are explained and the end of the theoretical part is related to the tribotechnical diagnostics. The practical part is focused on laboratory tests of taken samples and its evaluation. By conclusion, on the basis of results I have stated a comparison of the state of CNC machines and I have suggested a plan of preventive inspections.

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
ÚVOD	9
1. Technická diagnostika obráběcích strojů	11
1.1. Technická diagnostika fyzikálních veličin	11
1.2. Dalšími typy technické diagnostiky jsou:	12
1.2.1. Provozní technická diagnostika	12
1.2.2. Dálková technická diagnostika	13
2. TRIBOLOGIE	14
2.1. Tření	14
2.2. Opatření	16
2.2.1. Základní druhy opotřebení	17
2.3. Maziva	19
2.3.1. Plynná maziva	20
2.3.2. Kapalná maziva	20
2.3.3. Plastická maziva	20
2.3.4. Pevná maziva	20
2.4. Provozní vlastnosti mazacích olejů	21
2.4.1. Mazací schopnost	21
2.4.2. Chemická stálost	21
2.4.3. Viskozita	22
2.5. Aditiva	22
2.6. Mazací služba v závodě	23
2.6.1. Organizace mazací služby	24
2.6.2. Návod k mazání strojů	24
2.6.3. Hospodaření s mazivou v provozu	24
2.6.4. Hospodaření s mazivou ve skladech	25
2.6.5. Vstupní kontrola	25
3. Tribotechnická diagnostika	26
3.1. Rozdělení tribotechnické diagnostiky	26
3.2. Odběr vzorku oleje	27
4. Česká zbrojovka, a.s. Uh. Brod	28
4.1. Filtration Technology	28
4.2. Hydraulické oleje Shell Tellus S2 M32	29
4.2.1. Použití	30
4.3. Měření viskozity hydraulického oleje při 40°C	31

4.3.1.	Výsledky měření.....	32
4.4.	Měření kyselosti hydraulického oleje.....	33
4.5.	Obsah vody.....	35
4.6.	Mechanické nečistoty	37
4.7.	Spektrální analýza	39
4.8.	Mazací plán	46
6.	ZÁVĚR.....	49
8.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CNC	Computer Numeri Control (počítačově řízené centrum)
CZUB	Česká zbrojovka, a.s. Uherský Brod
ČSN	Česká státní norma

ÚVOD

Proměnlivost obráběcího procesu může výrobní společnost brzdit v konkurenceschopnosti a ziskovosti. Může způsobit ztrátu času a neefektivitu, vede k vysokým nákladům na jakost a k potřebě vyššího počtu zaměstnanců a končí pozdními dodávkami a špatnou kontrolou nad výstupy.

Správně seřízený stroj bude rovnoměrně vyrábět kvalitní díly s menším počtem neplánovaných zastavení. To znamená více času na obrábění a větší proaktivnost servisních pracovníků. Díky pravidelným kontrolám stavu strojů a určením zdrojů jakýchkoliv chyb je možné minimalizovat úsilí na údržbu a zaměřit se na hodnotnou preventivní práci.

Jedna z metod zvyšování životnosti a hospodárnosti techniky všeobecně je pravidelná diagnostika. Její součástí je tribotechnická diagnostika, která má příznivý ekonomický efekt v tom, že se jedná o bezdemontážní diagnostiku, informující o vývoji a změnách technického stavu strojního zařízení.

1. TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Technická diagnostika nahrazuje intuitivní empirický přístup k údržbě technického objektu přesným systematickým přístupem založeným na využití všech informací, které lze získat bez rozebrání objektu a detailního zkoumání jeho jednotlivých součástí. Zavedená technická diagnostika zvyšuje spolehlivost a bezpečnost provozu.

Hlavním cílem technické diagnostiky je využít všechny užitečné informace o stavu diagnostikovaného objektu bez jeho demontáže. O rozsahu diagnostiky a jejím konkrétním provedení rozhodují výsledky úvah, na jednu stranu předpokládané náklady na diagnostický systém a jeho provoz a na druhou odhad výše úspor vzniklých eliminací pravděpodobného počtu havárií novou strategií údržby se snížením potřeby náhradních dílů, prodloužením doby života sledovaného objektu, zvýšením jeho konkurenceschopnosti na trhu apod.

Koncepce diagnostického systému se volí dle druhu sledovaného objektu a podle jeho funkce sledované na vybraných místech. Jednoduchý diagnostický systém signalizuje poruchu objektu ohrožující jeho provoz. Složitější diagnostické systémy zpravidla klasifikují stupeň nebezpečnosti poruchy, její příčinu a v případě hrozící havárie zastavují automaticky provoz sledovaného objektu. S rychlým vývojem elektroniky a informační techniky stoupá i účinnost technické diagnostiky.

1.1. Technická diagnostika fyzikálních veličin

Jednotlivé druhy diagnostiky se rozlišují podle sledování různých fyzikálních veličin, které umožňují stanovit správná kritéria o provozním stavu sledovaného objektu.

- Vibrodiagnostika – v kritických bodech sledovaného objektu se měří a vyhodnocuje mechanické kmitání.
- Termografická diagnostika – ve vybraných částech sledovaného objektu se měří a analyzuje teplotní pole.
- Tribodiagnostika – v kritických místech sledovaného objektu se provádí analýza aplikovaných maziv.

- Elektrodiagnostika – u sledovaného objektu se měří velikosti a změny elektrických veličin, změny ve funkci elektrických přístrojů, změny izolačních odporů elektrických vedení atd.
- Teplotní diagnostika – v kritických místech sledovaného objektu se měří teplota a její změny.
- Diagnostika modální analýzou – měří a vyhodnocují se vlastní frekvence mechanické konstrukce sledovaného objektu a jejich tlumení.
- Hluková diagnostika – v kritických místech sledovaného objektu se měří intenzita hluku a jeho frekvenční spektrum.
- Diagnostika statickým zatížením – v kritických místech sledovaného objektu se měří a analyzují statické síly, mechanické napjatosti a tlaky.

1.2. Dalšími typy technické diagnostiky jsou:

- Provozní diagnostika – pro zabezpečení stability chodu obráběných strojů
- Dálková diagnostika – uskutečňována z výrobního závodu

1.2.1. Provozní technická diagnostika

Úkolem provozní technické diagnostiky je identifikovat vznik poruchy, její místo a příčinu, posoudit její závažnost a v závislosti na závažnosti přerušit v potřebném okamžiku automatický režim práce obráběcího stroje a s výsledkem diagnostiky seznámit obsluhu.

K signalizování stavu u provozní technické diagnostiky se mimo jiné používají snímače různého druhu a provedení. Např. indukční, magnetické, kapacitní, magnetoindukční, analogové, elektromechanické a optoelektronické. Ve stavbě CNC obráběcích strojů se nejčastěji využívají indukční nebo elektromechanické snímače.

Výše popsané technické prostředky mají detekovat existenci vznikající poruchy, lokalizovat její místo a případně predikovat zbytkovou životnost.

1.2.2. Dálková technická diagnostika

Je to vlastně servis stroje na dálku. V případě poruchy stroje často nedokáže servis zákazníka prostřednictvím integrované diagnostiky poruchu detekovat a opravit. Potom je nutné volat autorizovaný servis výrobce stroje. To znamená čas, než odborník na místo dorazí, a dále odpovídající finanční náklady a neproduktivní prostoje stroje.

Pokud by mohl odborník zkontrolovat obrazovky CNC ze své kanceláře, ušetřilo by se spoustu času i peněz. A právě na této úvaze je založena dálková diagnostika.

Řešení, které je charakteristické výrazným zrychlením a zkvalitněním komunikace, se nabízí připojením stroje k servisnímu technikovi prostřednictvím internetového připojení.

2. TRIBOLOGIE

Pohyb jednoho tuhého povrchu po druhém se vyskytuje obecně u mnoha druhů procesů a mechanismů, proto je důležité se těmito pochody zabývat. Obecná vědní disciplína, která tyto pochody sleduje, se nazývá tribologie.

Tribotechnika je disciplína aplikující výsledky vědy nazývané tribologie do praxe. Přitom tribologie je nauka, která se zabývá chováním dotýkajících se povrchů ve vzájemném pohybu nebo při pokusu o vzájemný pohyb. Jde tedy o tření, opotřebení a mazání. Při vzájemné interakci povrchů v pohybu dochází k odporu proti pohybu – ke tření. Důsledkem tření vzniká opotřebení pohybujících se povrchů. Tření a opotřebení se snižuje mazáním. Do tribotechniky tedy patří:

- Vědecké základy pro tření, opotřebení a mazání
- Sledování stavu maziv a otěrových částic
- Měřicí a kontrolní metody pro tribotechnické pochody
- Spolehlivost a tribodiagnostika konstrukčních součástí a skupin
- Organizace techniky mazání v provozu
- Speciální technologické postupy vedoucí ke zvýšení odolnosti proti opotřebení

[3]

2.1. Tření

Můžeme definovat tření jako odpor proti relativnímu pohybu dvou stýkajících se těles v tangenciálním směru. Tření jako takové se projevuje ztrátou mechanické energie a opotřebením materiálu. Ve většině případů se tedy snažíme snížit ztráty vlivem tření na minimum. Tření ale může být i užitečné, jako je tomu například u válcování, kde se využívá k přenosu sil a tím uskutečnění samotného procesu válcování, nebo k zamezení pohybu u brzd, apod.

Tření za pohybu se dělí na dvě základní skupiny:

- Smykové tření

- Valivé tření

Obě tření se mohou vyskytovat i ve vzájemné kombinaci.

Smykové tření vzniká mezi dvěma tělesy klouzajícími po sobě, přičemž vzájemný styk se děje ve velké, často v celé kluzné ploše po celou dobu pohybu. Následkem toho jsou třecí síla a ostatní následky tření značně velké.

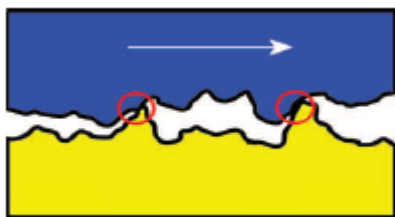
Valivé tření je tření vznikající při vzájemném pohybu rotačního tělesa odvalujícího se po rovinné nebo zakřivené ploše. Měrné tlaky v místech styku jsou značně velké, ale styk je jen bodový, popř. přímkový a trvá jen zlomek času. Třecí síla je proto hodně malá a ostatní následky tření jsou rovněž nepatrné.

S kombinací tření smykového a valivého se setkáváme převážně u ozubených soukolí, ale do jisté míry i u valivých ložisek. Smykové i valivé tření můžou probíhat za sucha nebo za mazání. [2]

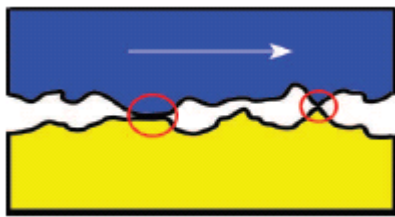
Suché tření

Je takové tření, při němž se dotykové plochy těles pohybujících se po sobě bezprostředně stýkají. Za tohoto stavu vzniká třecí síla ze dvou příčin. První vyplývá ze struktury povrchu a vlastností materiálů obou těles. Výčnělky povrchu jednoho tělesa se zasekávají při vzájemném pohybu do povrchu tělesa druhého. Nastává vylamování povrchových částech materiálu (jsou-li materiály stejné tvrdosti), jejich stříhání (u materiálů s různou tvrdostí) nebo deformování (u měkkého materiálu). Čím větší je tvrdost povrchů, tím větší je i třecí síla.

Druhá příčina vzniká následkem vzájemného vázání jednotlivých výčnělků povrchu.



Obr. 1 deformace výstupků



Obr. 2 adheze výstupků

Tření při mazání

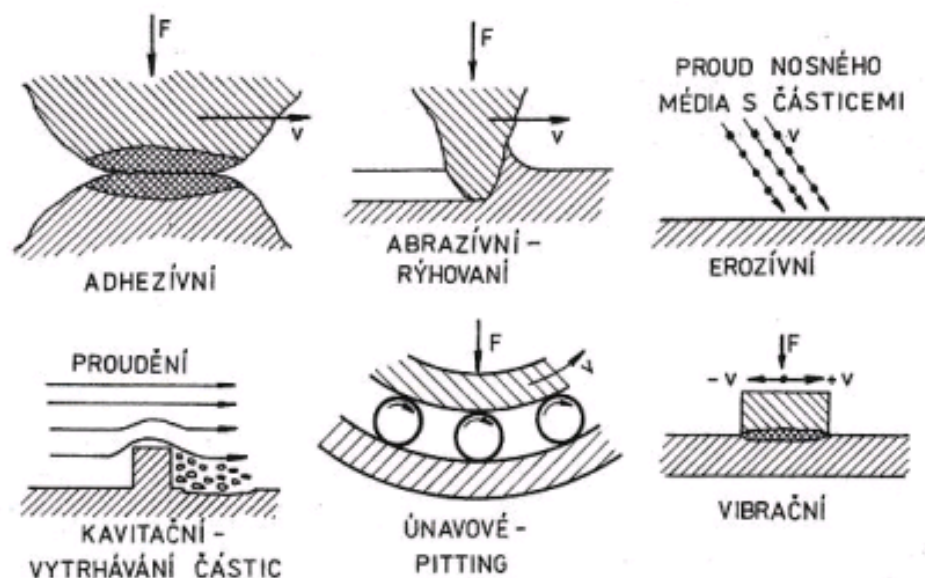
Nastává tehdy, jestliže mezi dotykové plochy těles pohybujících se po sobě zavedeme látku, která nedovolí jejich přímý styk a umožní podstatné zmenšení třecí síly. Taková látka musí dobře smáčet technické materiály, nesmí je mechanicky ani chemicky poškozovat, musí mít malé vnitřní tření, jistou únosnost, mechanickou i chemickou stálost a musí být i hospodářsky dostupná. Látky s těmito vlastnostmi nazýváme mazivy a přivádění maziva mezi třecí plochy nazýváme mazáním.



Obr. 3 kapalinové tření

2.2. Opotřebení

Opotřebení je nežádoucí změna povrchu nebo rozměrů tuhých těles, způsobená buď vzájemným působením funkčních povrchů, nebo funkčního povrchu a media. Projevuje se jako odstraňování nebo přemísťování částic hmoty z funkčního povrchu mechanickými účinky, případně doprovázenými i jinými vlivy (např. chemickými, elektrochemickými nebo elektrickými). Procesy opotřebení lze rozdělit na 6 základních druhů: adhezivní, abrazivní, erozivní, kavitační, únavové a vibrační. V provozních podmínkách konkrétních strojů a zařízení je možné se setkat se situací, kdy působí současně více druhů opotřebení. Často též působí další degradační procesy, které mohou modifikovat dominantní mechanismy opotřebení. [5]



Obr. 4 základní druhy opotřebení

2.2.1. Základní druhy opotřebení

Adhezivní opotřebení

Povrch části tuhých těles, které jsou vzájemně ve styku, je závislý na technologii opracování a není nikdy dokonale hladký. Proto nedochází ke styku celých ploch, ale k velkému počtu dotkových plošek, kde se tvoří mikrospoje. Dochází k jejich oddělování nebo přemísťování a tím ke vzniku adhezivního opotřebení.

Abrazivní opotřebení

Projevuje se rýhováním povrchu a vzniká oddělováním částic z měkčího povrchu působením druhého tvrdšího a drsnějšího povrchu, nebo působením abrazivních částic.

Erozivní opotřebení

Je způsobeno částicemi nesenými proudem kapaliny, plynu, páry nebo kapek. Částice dopadají na povrch tělesa a poškozují ho, zpravidla nerovnoměrně v závislosti na proudění nosného média. Nejčastěji se toto opotřebení projevuje zvlněním povrchu.

Kavitační opotřebení

V kapalině se vyskytují kavitační bubliny, které zanikají a při tom vyvolávají v kapalině rázy, které způsobují oddělování částic a poškozování povrchu součástí. Vznik kavitačních bublin je dán snížením tlaku vlivem rozdílných podmínek proudění kapaliny, na tlak nenasycených par za dané teploty. Projevuje se zmatněním materiálu a vznikem povrchových a podpovrchových trhlinek.

Únavové opotřebení

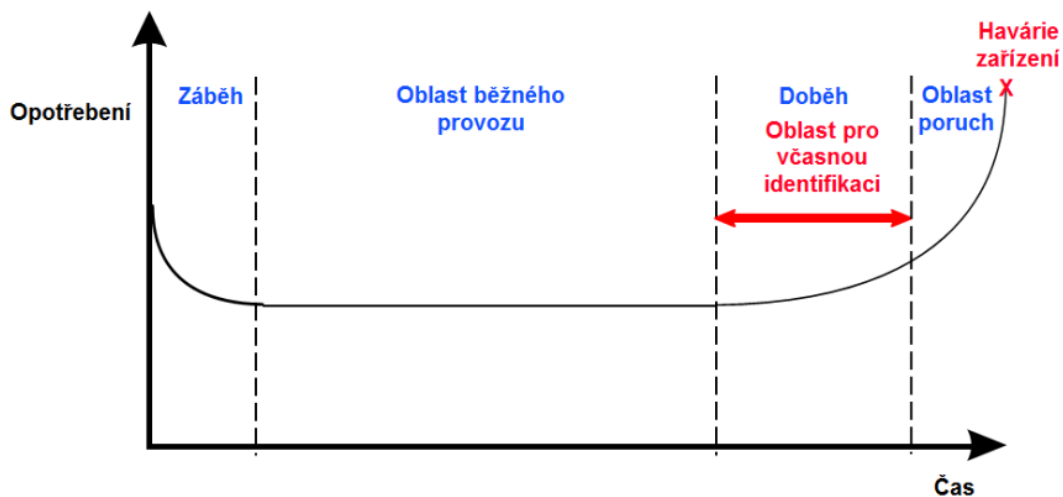
Vlivem opakujícího se časově proměnného namáhání povrchové vrstvy materiálu vznikají zárodky a posléze trhliny, které se šíří a spojují, až dochází k uvolňování materiálu a k tzv. drolíčkům. Časem dochází k únavovému lomu. U součástí z málo plastického materiálu může dojít vlivem velkého smykového napětí ke křehkému lomu. U obou případů se většinou jedná o náhlý havarijní stav stroje.

Vibrační opotřebení

Dochází k němu u různých pohyblivých uložení (valivá ložiska, čepy, hřídele), do kterých se přenášejí kmity. Projevuje se zabarvením opotřebeného povrchu oxidy železa. Je způsobeno vzájemnými kmitavými tečnými pohyby funkčních povrchů při normálním zatížení. Pohyby jsou velmi malé a uvolněné částice většinou zůstávají v místě vibračního opotřebení.

Korozivní opotřebení

Vyskytuje se v aktivním prostředí při vniknutí kyslíku z okolí nebo při stárnutí maziva. Je způsobeno průběhem chemických reakcí na povrchu tělesa. Vyskytuje se například na povrchu válce u spalovacích motorů.



Obr. 4 Vanová křivka

2.3. Maziva

Jejich základní vlastností je mazací schopnost, tedy schopnost zabránit suchému tření vytvořením souvislé únosné mazací vrstvy s malým vnitřním třením a s adhezí k povrchům. K praktickému požití musí být látka s mazací schopností nekorozivní, nesmí obsahovat mechanické nečistoty a musí být chemicky stálá.

Maziva jsou pro provoz strojů nezbytná. Při rozsahu strojního zařízení v průmyslu, dopravě i zemědělství je zřejmé, že i spotřeba maziv je velmi značná. Proto dostupnost a cena jsou při výběru maziv závažné.

Druhy maziv:

- Plynná maziva – maziva v plynném skupenství
- Kapalná maziva – maziva v kapalném skupenství, tzn. mají schopnost tečení
- Plastická maziva – zpravidla gely máslovitého charakteru
- Pevná maziva – vykazují vlastnosti pevné látky

2.3.1. *Plynná maziva*

Použití plynů jako maziv je velmi omezené. V určitých speciálních případech se však bez nich neobejdeme. Vyplývá to především z jejich stálosti při vysokých teplotách, při nichž se jiné druhy maziv rozrušují nebo odpařují, a z velmi nízké viskozity zvětšující se s teplotou.

Používají se pro mazání kluzných ložisek pro hřídele s velmi vysokými obvodovými rychlostmi a také pro mazání ložisek s velmi vysokou pracovní teplotou (nad 300°C).

2.3.2. *Kapalná maziva*

Jsou nejrozšířenější a jejich předností je dostupnost ve velmi široké stupnici viskozit, jednoduché skladování a doprava, snadná manipulace. Jejich použití neklade velké technické nároky na konstrukci, kromě mazání mohou sloužit k odvodu tepla z třecích ploch, kapalný stav umožňuje oběh a tím i ekonomické využití. Čištění opotřebených kapalných maziv tuto ekonomii ještě zdůrazňuje.

2.3.3. *Plastická maziva*

Mezi tyto mazací prostředky patří disperze, které při teplotách, za nichž se užívají, nejsou kapalné, nýbrž tvoří plastickou látku. Nejčastěji je nazýváme mazacími tuky. Jejich plastický stav přináší proti kapalným mazivům výhodu menšího odstřiku ze strojních součástí a tím i menší spotřeby. Další výhodou je těsnicí účinek a tím zamezování přístupu prachu do mazaných míst. Nevýhodou je však poměrně velké vnitřní tření, velmi omezená možnost odvodu tepla z třecích míst a nemožnost oběhového mazání.

2.3.4. *Pevná maziva*

Jsou to látky s nepatrnou tvrdostí, s malou smykovou pevností a se značnou afinitou ke kovům, tedy látky s mazací schopností. Velmi dobře snášejí i značně vysoké teploty a nemění své fyzikální ani chemické vlastnosti v závislosti na tlaku a teplotě.

Používají se především pro mazání částí strojů pracujících při velmi vysokých teplotách, strojních částí, které není možné během provozu domazávat, nebo je třeba

zabránit odstříku, popř. odpaření maziva. Pevná maziva však nemohou odvádět teplo, jejich součinitel tření je v obvyklých podmínkách větší než při použití kapalných nebo plastických maziv a že trvanlivost mazací vrstvy je omezena dobou pohybu mazaných částí. Pevná maziva jsou také méně dostupná a tím i dražší než mazací oleje a tuky. Nejznámějšími pevnými mazivy jsou grafit a sirník molybdenčitý.

2.4. Provozní vlastnosti mazacích olejů

Nejdůležitější vlastností všech mazacích olejů je jejich mazací schopnost. Další důležitou vlastností je chemická stálost čili odolnost proti stárnutí. Mazací oleje se většinou využívají v mazacích soustavách dlouhodobě a neměly by proto své provozní vlastnosti během této doby měnit. Různorodost konstrukce strojů a jejich součástí, pracovních a provozních podmínek vyvolává ještě mnoho dalších požadavků na vlastnosti mazacích olejů. Tyto požadavky jsou však vymezeny pro určitý druh olejů se zřetelem k jejich použití. [2]

2.4.1. Mazací schopnost

Je vlastnost, která se projevuje přilnutím maziva k povrchu mazané součásti a vytvořením souvislé mazací vrstvy s dostatečnou únosností a s malým vnitřním třením. Mazací schopnost není závislá pouze na vlastnostech maziva, ale souvisí také s druhem kluzného materiálu, jakostí povrchu kluzných ploch i s provozními podmínkami. [2]

2.4.2. Chemická stálost

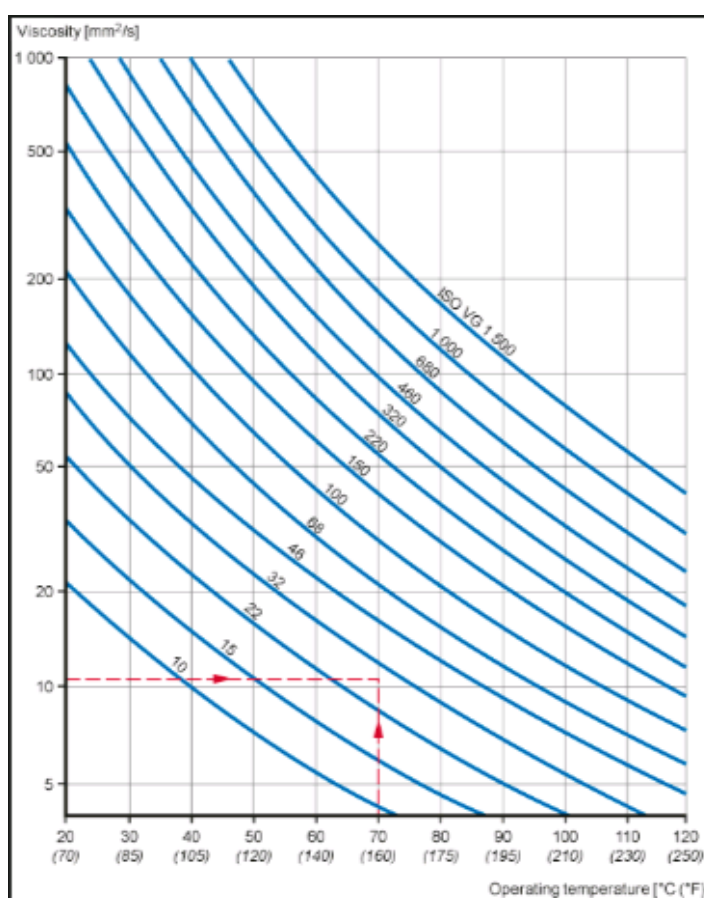
Vyznačuje odolnost oleje proti stárnutí. Olej se mění působením světla, vzduchu (kyslíku) a tepla chemicky. Postupem času mění barvu (tmavne), vytvářejí se v něm malé organické kyseliny, které pak v pozdějším stádiu vedou ke vzniku látek pryskyřičnatého charakteru. Tyto látky se od oleje oddělují jako olejový kal.

Odolnost oleje proti stárnutí a stav zestárnutí oleje se kontrolují laboratorními zkouškami. Pro provoz je nejdůležitější zjistit *číslo neutralizační* (kyselost), které se udává v mg KOH/g oleje. [2]

2.4.3. Viskozita

Je míra vnitřního tření kapaliny. Nemíra konstantní veličina a závisí na teplotě, tlaku, druhu proudění a rychlostním spádu. Tato závislost není jednoznačná, souvisí s vnitřní skladbou oleje. Oleje, které při určitých podmínkách (tlaku, teplotě, rychlosti) mají stejnou viskozitu, mohou mít při změně těchto podmínek viskozitu značně odlišnou.

Viskozita je jedinou z provozních vlastností mazacích olejů, které můžeme užít při výpočtech únosnosti strojních součástí a kterou lze přímo zjistit laboratorními zkouškami.



Obr. 5 závislost viskozity na teplotě

2.5. Aditiva

Zušlechťující přísady, které vyrovnávají nedostatky základových olejů a dodávají jim požadované užité vlastnosti. Zlepšují vlastnosti olejů a jsou přidávány v přesně daném

poměru. Přísady do olejů jsou složité organické chemické sloučeniny, které dodávají mazacím olejům tyto funkční vlastnosti:

- Stálý mazací film, zabráňující oděru třecích součástí
- Efektivní odvod tepla z třecích součástí
- Efektivní ochrana součástí zařízení proti korozi
- Stálost vůči oxidaci při nízkých a vysokých teplotách
- Odstranění pění, zhoršujícího mazivost oleje
- Vysoká stabilita proti mechanické destrukci
- Nízká odpařivost
- Zabezpečení vysokotlakých mazacích účinků
- Stabilita při uskladnění
- Požadovanou viskozitně teplotní charakteristiku oleje, zabezpečující tekutost

při nízkých teplotách a dostatečnou viskozitu při vysokých teplotách [5]

2.6. Mazací služba v závodě

Správné mazání strojů a hospodaření s mazivy je jedním ze základních předpokladů úspěšného provozního hospodářství. Technika mazání má vliv na životnost strojů, na jejich výrobní přesnost a poruchovost. To se projeví nejen v nákladech na opravy, ale i ve výrobních ztrátách způsobovaných prostojem strojů, v jakosti a množství výrobků. Technika mazání však ovlivňuje i spotřebu energie potřebné k pohonu strojů a náklady na mazivo.

Tyto velmi důležité okolnosti nabízí k tomu, aby se v závodech neponechávalo mazání strojů a hospodaření s mazivy bez povšimnutí, nýbrž aby bylo řádně organizováno. Plánují-li se preventivní opravy strojů, aby se prodloužila jejich životnost a spolehlivost, musí se zajistit i správné mazání.

Správně vedená technika mazání má v závodě zabezpečit jednak správné mazání strojů a také správné hospodaření s mazivy. Musí proto obsáhnout:

- Organizaci mazací služby
- Návodů mazání strojů
- Hospodaření s mazivy v provozech

- Hospodaření s mazivy ve skladech
- Vstupní kontrolu maziv
- Hospodaření s upotřebenými mazivy [2]

2.6.1. Organizace mazací služby

Mazací službu v závodě organizuje a kontroluje hlavní mechanik. Mazací službu v provozu kontroluje a řídí provozní mechanik. Ten instruuje a kontroluje údržbáře, kteří opravují a seřizují mazací zařízení a vyměňují olejové náplně. Instruuje a kontroluje také obsluhu strojů, např. mazače o správném mazání přidělených strojů. Provozní mechanik kontroluje i příruční skladiště maziv, které má na starosti buď skladník, nebo mazač.

Stroje mažou nejčastěji pracovníci, kteří je obsluhují, jen u většího počtu strojů provádí údržbu zaškolení údržbáři, nebo mazači. [2]

2.6.2. Návod k mazání strojů

Návod k mazání je dokument obsahující veškeré údaje potřebné k správnému mazání stroje, tj. údaje o druhu maziva, způsobu mazání, počtu mazaných míst, spotřebě maziva, mazacích lhůtách, velikostech náplní, době jejich výměny i o plánovaném sběru olejů. Pro úplnost má být přiložena fotografie nebo schéma stroje s vyznačenými místy, důležitými pro mazání. [2]

2.6.3. Hospodaření s mazivy v provozu

Důležitým úkolem pro organizované mazání strojů je omezit nebezpečí vznikající záměnou maziv a přehlédnutím mazaných míst neodborným obsluhujícím personálem. K soustavnému a kontrolovanému mazání značně přispívá určení mazacího okruhu, tj. označení mazaných míst na strojích, olejnicích a maznic, nádob a nádrží podle druhu příslušného maziva. Tímto způsobem je určena cesta mazacího oleje nebo tuku ze skladu ke stroji a lze ji dobře kontrolovat. [2]

2.6.4. *Hospodaření s mazivy ve skladech*

Správné mazání strojů a hospodaření s mazivy v provozu se musí opírat o pečlivé uskladnění, aby se zabránilo plýtvání s mazivy a jejich eventuálnímu znečištění. Tato péče se musí zachovat již při příjmu maziva do skladu i při výdeji.

Sklad vede evidenci maziv spotřebovaných v závodě a stav zásob ve skladě, aby bylo možno sledovat správné hospodaření s mazivy a plánovat jejich spotřebu. [2]

2.6.5. *Vstupní kontrola*

Úkoly vstupní kontroly jsou, zjistit, zda nebylo zboží cestou znečištěno a ověřit, zda dodaný druh maziva je shodný s druhem objednaným a uvedeným na dodacích listech.

Znečištění je způsobeno nejčastěji vniknutím vody a mechanických nečistot do obalu. Z tohoto hlediska je nutno posuzovat spodní vzorky. Znečištění spodních vzorků smí být pouze nepatrné a nesmí jít o znečištění zadírací povahy.

Druh maziva ověříme především podle jeho vzhledu. U olejů dále ještě podle viskozity a čísla kyselosti, u některých druhů také podle bodu vzplanutí a bodu tuhnutí. [2]

3. TRIBOTECHNICKÁ DIAGNOSTIKA

Tribotechnická diagnostika patří do skupiny bezdemontážní technické diagnostiky využívající maziva jako média pro získávání informací o dějích a mechanických změnách v technických systémech. Má za úkol zjišťovat, vyhodnocovat a oznamovat výskyt cizích látek v mazivu. Vhodným vyhodnocením získaných údajů můžeme nejen předejít poruchám, ale umožňuje nám i sledovat funkčnost stroje.

3.1. Rozdělení tribotechnické diagnostiky

Tribotechnická diagnostika se zabývá těmito okruhy:

- a) Zjišťování stavu, prodlužování doby použití a prognózování degradace mazaných olejů
- b) Zjišťování trendu, místa a režimu opotřebení mechanického systému cestou vyhodnocení výskytu cizích látek v mazivu

Ad. a) hodnocení fyzikálně chemických parametrů maziva. Stav zjišťujeme buď pomocí následujících testů:

- Kinematická viskozita
- Bod vzplanutí
- Obsah vody
- Číslo celkové alkality a kyselosti
- Conradsonův karbonizační zbytek
- Kapková zkouška
- Celkové znečištění
- Mechanické nečistoty

Nebo pomocí spektrální analýzy olejů.

Ad. b) tento okruh můžeme rozdělit do následujících skupin:

Metody pro stanovení koncentrace otěrových kovů:

- Atomová spektrofotometrie
- Atomová emisní spektrofotometrie
- Atomová absorpční spektrofotometrie
- Polarografie a volumetrie
- Metoda RAMO

Metody pro hodnocení morfologie a distribučního rozdělení částic kovů:

- Částicová analýza tzv. ferografie s vyhodnocením
 - fetoskopickým
 - ferodenzimetrickým [3]

3.2. Odběr vzorku oleje

Pro správný odběr vzorku je nutné dodržet určité postupy a zásady, které jsou uvedeny v normě ČSN. Nejpřesnější je norma ČSN 65 6207 a jedná se o odběr vzorků hydraulických kapalin.

Vzorky se odebírají do čistých vzorkovnic s obsahem 300 ml a odebraný vzorek se pečlivě popíše a odevzdá k analýze.

Zařízení musí být v provozu nejméně 20 minut z důvodu promíchání a zahřátí oleje na pracovní teplotu. Po propláchnutí odběrného zařízení odebereme přibližně 200 – 250 ml oleje.

Po odběru provedeme předběžnou vizuální kontrolu a posoudíme:

- Barvu oleje
- Přítomnost volné a vázané vody
- Viditelné mechanické nečistoty
- Zápach oleje

Vzorkovnice musí být po kontrole okamžitě uzavřena, aby se do vzorku nedostala nežádoucí příměs.

4. ČESKÁ ZBROJOVKA, A.S. UH. BROD

Česká zbrojovka Uherský Brod (dále jen „CZUB“) byla založena v polovině roku 1936. Zajímavostí je, že nový závod pro dva tisíce zaměstnanců byl postaven a uveden do provozu za 16 týdnů. CZUB je dlouholetým výrobcem ručních palných zbraní. Původně byla zaměřena na výrobu ručních vojenských zbraní, ale s postupem času se výroba rozšířila také o civilní zbraně, zejména v oblasti sportovní a lovecké. V současnosti se CZUB nezaměřuje pouze na výrobu zbraní, ale vyrábí se zde i komponenty pro automobilový a letecký průmysl. Vysoká kvalita i dobré vlastnosti výrobků z CZUB vytvořily dobré jméno společnosti na domácím i zahraničním trhu. Česká zbrojovka investuje každoročně značné finanční objemy na nákup špičkových CNC strojů a výpočetní techniky.



Obr. 6 logo společnosti CZUB

4.1. Filtration Technology

Společnost je zaměřená, na vyhodnocování parametrů olejů a instalace nových filtračních technologií přímo u zákazníka. Filtrace oleje a recyklace oleje bývá spojena především s preventivní údržbou. Společnost se dále zabývá výrobou a montáží olejových a by-pass filtrů a filtračních zařízení pro průmyslovou výrobu. [8]



Obr. 7 logo společnosti [8]

V dnešní době je outsourcing mazání v podniku běžný způsob jak zajistit chod některých služeb v lepší kvalitě nebo za lepší cenu. Doporučeným řešením pro dosažení vysoké spolehlivosti a provozuschopnosti celého strojového parku podniku je outsourcing mazacího hospodářství odbornou firmou s dostatečným know – how a zkušenostmi. [10]

Společnost Filtration Technology zajišťuje v CZUB komplexní servis mazání. Ve spolupráci se zaměstnanci této společnosti jsme odebrali vzorky hydraulických olejů pro analýzu a zjištění stavu jednak samotného maziva a jednak stavu CNC obráběcích strojů Mori Seiki NZX 2500/1000 na středisku HS3320 hlavňové. Celkem bylo odebráno šest vzorků a sedmý vzorek byl dodán jako referenční. Vzorek č.1 je z nejstaršího stroje, který byl uveden do výroby v roce 2012. Vzorky č. 2 a č. 3 jsou z relativně nových strojů s uvedením do výroby v roce 2015. První odběry byly provedeny 24.2.2016 a druhá sada vzorků o rok později 7.4.2017. Podle záznamů společnosti Filtration Technology nebyl ani v jednom stroji hydraulický olej od zavedení do provozu vyměněn.



Obr. 8 Vzorky hydraulického oleje. Zleva vzorek č.1, č.2, č.3 a referenční.

4.2. Hydraulické oleje Shell Tellus S2 M32

Tyto kvalitní hydraulické oleje jsou vyráběny z ropných základových olejů s vysokým viskozitním indexem a zušlechťujícími přísad. Používané suroviny a jejich

zastoupení jsou zvoleny tak, aby finální výrobky splňovaly nejnáročnější požadavky výrobců i uživatelů průmyslových hydraulických systémů. Vyznačují se výbornou termickou stabilitou i za extrémních provozních podmínek, jsou velmi odolné proti stárnutí a tvorbě usazenin a zajišťují tak zlepšenou čistotu systému. Díky vynikající oxidační stabilitě, nižší kyselosti, schopnosti k nižšímu vyplavování mědi umožňují prodloužení životnosti oleje a snížení provozních nákladů. Dobrá chemická stabilita olejů v přítomnosti vody či vlhkosti snižuje riziko koroze a rzi. Díky vybraným protioděrovým přísadám zajišťují vynikající ochranu proti mechanickému opotřebení pohyblivých částí systémů (písty, čerpadla) a umožňují tak prodloužení jejich životnosti. Vyznačují se rovněž vynikající filtrovatelností, jsou odolné vůči obvyklým produktům kontaminace, jako je voda, vápník způsobující blokaci jemných filtrů a jsou tedy vhodné pro ultra jemnou filtraci. Vynikající schopnost uvolňování vzduchu a protipěnovostní vlastnosti snižují kavitaci a zpomalují oxidaci oleje. Jsou kompatibilní s většinou hydraulických čerpadel, nicméně použitelnost v čerpadlech obsahující součásti ze stříbra je třeba zkontrolovat se zástupci společnosti Shell. Oleje jsou kompatibilní se všemi těsnicími materiály a barvami specifikovanými pro použití s minerálními oleji. [9]

4.2.1. Použití

Oleje Shell Tellus S2 M32 jsou uznávány a široce doporučovány předními výrobci hydraulických prvků i celých systémů. Mimořádně vhodné jsou pro zařízení, která díky svému konstrukčnímu řešení a náročnosti pracovních podmínek, vyžadují pracovní kapalinu se zvýšenou schopností ochrany proti opotřebení anebo schopností přenášet extrémní tlaky. Lze je použít také pro mazání kluzných a valivých ložisek, uplatnění nacházejí i při mazání některých ozubených převodů v souladu s doporučením výrobce strojního zařízení. [9]



Obr. 9 logo Shell [9]

4.3. Měření viskozity hydraulického oleje při 40°C

Viskozita kapalin je silně závislá na teplotě. Změna viskozity může mít podstatný vliv na správnou funkci hydraulického mechanismu. Při práci hydraulického mechanismu dochází k zahřívání pracovní kapaliny a viskozita klesá. Zmenšení viskozity má tyto důsledky:

- Klesají tlakové ztráty (kapalina klade menší odpor proti proudění)
- Rostou průtokové ztráty (kapalina se snadněji protlačí netěsnostmi)
- Zhoršuje se mazání (klesá únosnost kapalinného mazacího filmu a hrozí např. zadření hydrogenerátoru) [4]

Podstatou zkoušky je určení doby průtoku stálého objemu oleje kapilárou viskozimetru při přesně měřené teplotě 40°C. Kinematická viskozita se určí pomocí součinu konstanty viskozimetru a změřené doby průtoku.

Měření:

Viskozimetr zavěsíme do temperovací lázně a naplníme pečlivě protřepaným vzorkem oleje. Nastavíme požadovanou teplotu lázně a po dosažení této teploty, v našem případě 40°C, necháme asi 20 minut temperovat. Následně nasajeme hladinu vzorku nad počáteční značku a připravíme stopky k měření. Měření spouštíme zároveň s průchodem hladiny počáteční značkou a ukončíme při průchodu hladiny vzorku značkou koncovou. Výsledný čas zapíšeme a pro ověření a přesnější měření cyklus

opakujeme. Z naměřených hodnot určíme pomocí aritmetického průměru hodnotu střední, kterou zahrneme do výpočtu.

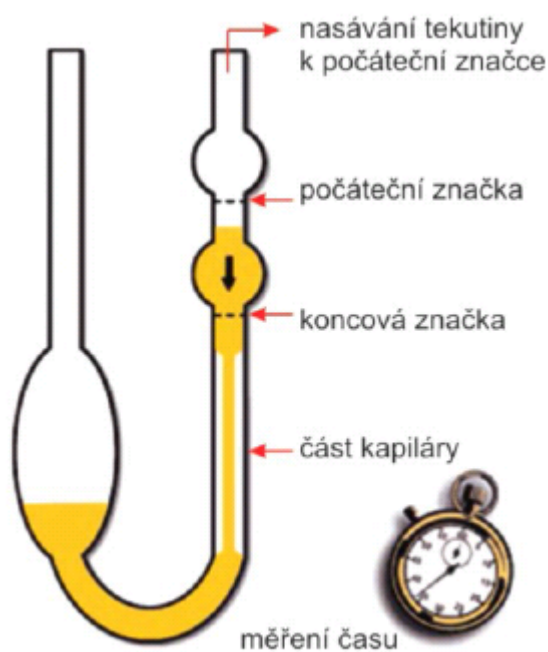
Pro výpočet kinematické viskozity použijeme vztah:

$$\nu = C \cdot \tau \quad [mm^2 \cdot s^{-1}]$$

Kde: ν ...hodnota kinematické viskozity

C ...konstanta viskozimetru

τ ...aritmetický průměr doby průtoku viskozimetru [s]



Obr. 10 měření kinematické viskozity

4.3.1. Výsledky měření

Kinematická viskozita u nového oleje je podle výrobce $32 mm^2/s$

Konstanta viskozimetru 0,0998 a 0,0999

Tab. 1. Kinematická viskozita oleje Shell Tellus S2 M32 při 40°C

kinematická viskozita [mm ² /s]		
odběr	2/2016	4/2017
referenční	31,77	
1. vzorek	33,47	33,07
2. vzorek	31,54	31,44
3. vzorek	31,44	31,37

Naměřené hodnoty z roku 2016 ani 2017 nevykazují výraznější zhoršení kinematické viskozity hydraulického oleje oproti referenčnímu vzorku.



Obr. 11 měření viskozity vzorku č. 1 a referenčního vzorku

4.4. Měření kyselosti hydraulického oleje

Číslo kyselosti obecně informuje o nárůstu látek kyselého charakteru obsažených v oleji. Tyto látky působí korozivně, způsobují chemické opotřebení, a proto jsou v oleji nežádoucí.

Číslo celkové kyselosti (TAN) definujeme jako množství KOH v mg, spotřebované na neutralizaci všech kyselých složek obsažených v 1 gramu analyzovaného vzorku oleje. Jeho hodnota udává nárůst látek kyselého charakteru, vznikajících v důsledku termooxidačních a jiných reakcí oleje.

Měření:

Číslo celkové kyselosti jsme určili metodou titrace na barevný indikátor. Tato metoda spočívá v titraci kyselých sloučenin obsažených ve vzorku roztokem KOH na barevný indikátor. Při této metodě je velmi důležitá přesná navážka vzorku oleje aplikovaného do roztoku v nádobce.

Tab. 2. Číslo celkové kyselosti – výsledné hodnoty

číslo kyselosti [mg/g KOH]		
odběr	2/2016	4/2017
referenční	0,057	
1. vzorek	0,364	0,372
2. vzorek	0,045	0,124
3. vzorek	0,042	0,147

Z naměřených hodnot můžeme usoudit, že čísla celkové kyselosti nevykazují ani v jednom případě nadlimitní hodnoty, které by mohly vést ke zhoršení kvality oleje.



Obr. 12 Měření celkové kyselosti

4.5. Obsah vody

Přítomnost vody v mazivu je z důvodů jeho znehodnocování nežádoucí. Jen stěží lze zabránit výskytu stopového množství vody v oleji, a proto v něm bývá často přítomna. Voda značně zvyšuje korozi mazaných částí, snižuje kvalitu mazacího filmu, způsobuje pění oleje, zvyšuje viskozitu apod.

Obsah vody v oleji lze určit různými způsoby. Mezi jednoduché metody patří tzv. prskací zkouška. Zahřátí malého množství oleje na rozpálené kovové podložce spolehlivě určí obsah vody prskavými zvuky. Kvantitativní obsah vody zjistíme až některou z laboratorních metod. V našem případě se jedná o Fischerovu titrační metodu.

Měření:

Přístroj Coulometer WTD, kterým jsme určovali obsah vody pomocí Fischerovi titrační metody se skládá z elektronické části a skleněné titrační nádoby s roztokem.

Do nádoby se implementuje analyzovaný vzorek oleje. Opět je důležité zaznamenat přesnou navážku vzorku, abychom předešli zkresleným výsledným hodnotám. Princip zjištění obsahu vody je založen na reakci jódu s vodou. Jeden mol jódu reaguje s jedním molem vody. Po reakci vody s jódem se na přístroji zobrazí koncentrace vody ve vzorku.



Obr. 13 Coulometer WTD

Tab. 3. Obsah vody – výsledné hodnoty

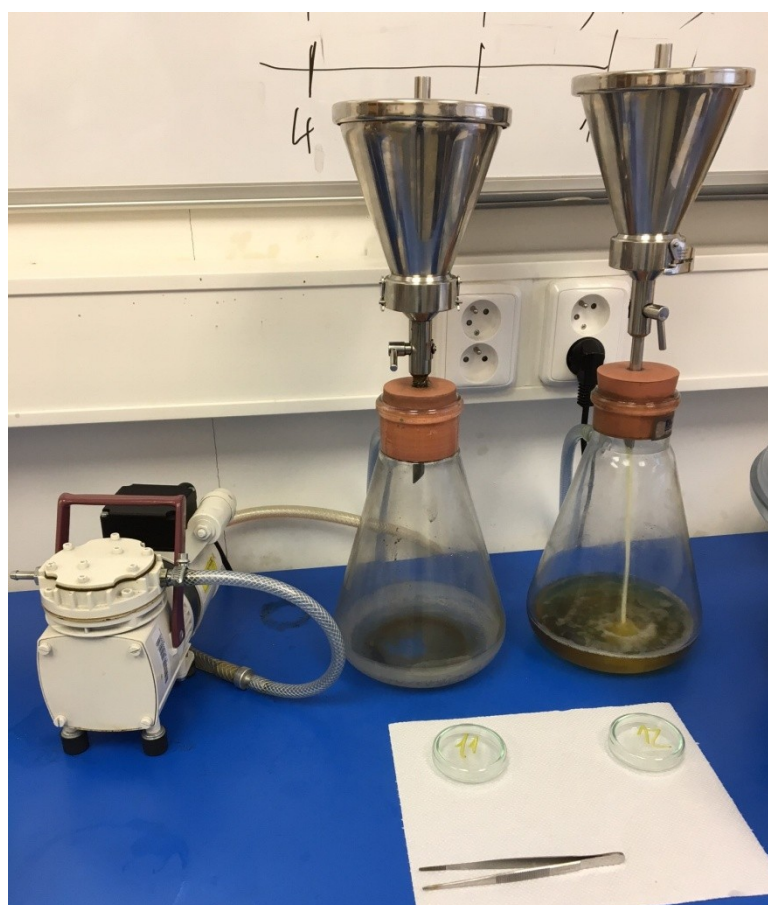
obsah vody [%]		
odběr	2/2016	4/2017
referenční	-	
1. vzorek	0,009	0,007
2. vzorek	0,003	0,004
3. vzorek	0,019	0,005

Z výsledných hodnot můžeme vyčíst, že v žádném z testovaných vzorků hydraulického oleje jsme nezjistili vysokou koncentraci vody. Z obecného hlediska je v mazacích olejích povolena maximální koncentrace 0,2% hmotnostního podílu vody. K této hraniční hodnotě se ani jeden z testovaných vzorků nepřibližuje.

4.6. Mechanické nečistoty

Částice pevného skupenství jsou největším nebezpečím pro hydraulické prvky. Tyto částice se pohybují v hydraulickém mechanismu velkou rychlostí a způsobují erozní opotřebení, které porušuje mazací film a může docházet k zadírání. Použitím metody stanovení mechanických nečistot můžeme podobným problémům předejít.

Metoda je založena na filtraci membránovým ultrafiltrem za podtlaku a stanovení obsahu mechanických nečistot z hmotnostního přírůstku ultrafiltru.

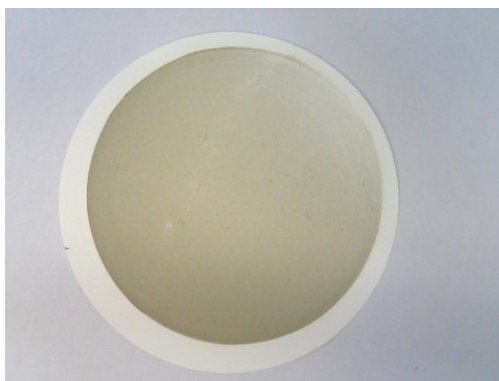


Obr. 14 Filtrační zařízení

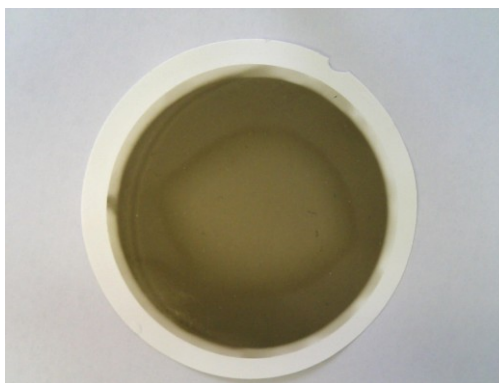
Měření:

Důkladně protřepaný vzorek hydraulického oleje (25ml) smícháme s technickým benzínem (asi 200ml) a nalijeme do horní části filtrační nádoby, na jejímž dně máme připravený, důkladně vysušený, filtr. Zapneme podtlak a otočíme uzávěr do svislé

polohy. Smíchaný vzorek se přefiltruje a jeho nečistoty zůstanou na membránovém filtru, který opatrně vyndáme a opět vysušíme. Hmotnostní přírůstek ultrafiltru určí obsah mechanických nečistot.



Obr. 15 Vzorek číslo 1 z roku 2017



Obr. 15 Vzorek číslo 2 z roku 2017



Obr. 16 Vzorek číslo 3 z roku 2017

Množství mechanických nečistot zejména ve vzorcích odpovídající filtrům 1 a 2 je značné (můžeme vidět na kódu čistoty). Na filtrech 2 a 3 je vidět z barvy filtru, že v

oleji je velké množství produktů degradace maziva. Doporučuji tedy filtraci všech tří náplní.

4.7. Spektrální analýza

Optická nedestruktivní analytická metoda, ve které se využívá infračervená spektrometrie. V tribologii je vhodná pro identifikaci zejména organických sloučenin. Je založena na měření absorpce infračerveného záření o různé vlnové délce analyzovaným materiálem. V důsledku absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem dochází ke změnám rotačně vibračních energetických stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. Analytickým výstupem měření je infračervené spektrum, které je grafickým zobrazením funkční závislosti energie na vlnové délce dopadajícího záření.

Tab. 4 Vlnočty charakteristických sloučenin

Poloha píku/pásu [cm ⁻¹]	Sloučenina	Poznámka
3640 - 3540	Voda	V esterových olejích
3600 - 3150 (maximum 3400)	Voda	V ropných olejích
3540	Rozklad esterů	
2000	Saze	
1800 - 1670	Oxidační produkty	
1748	Estery	Syntetické oleje
1650 - 1600	Nitrosloučeniny	
1180 - 1120	Sírné sloučeniny	Sírné přísady, síra z paliva
1070, 1040	Ethylenglykol	Chladicí kapalina
1025 - 960	Protiotěrové přísady	ZDDP
1000	Vysokoteplotní antioxidant	ZDDP
990 - 960	Protiotěrové přísady	TCP
815 - 805	Nafta	
755 - 748	Petrolej	Lehčí složky

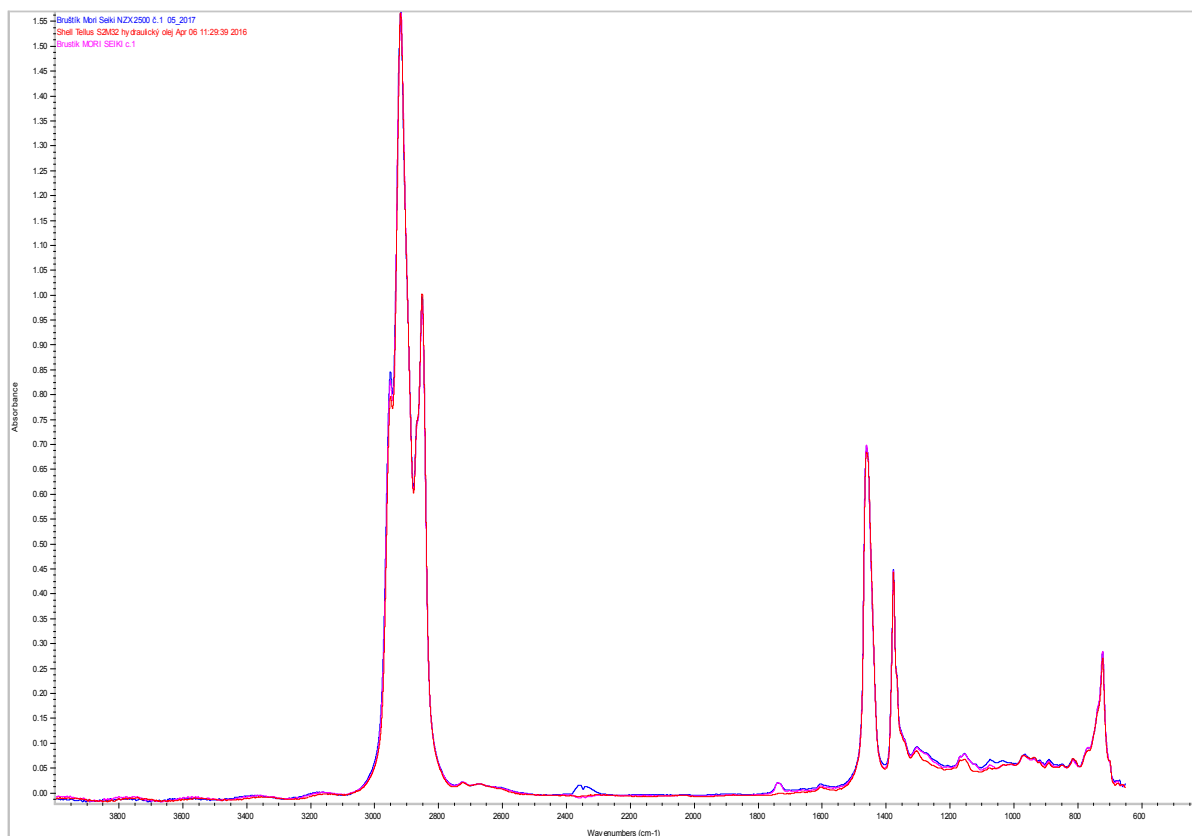
Měření:

Pro stanovení obsahu organických sloučenin jsme využili infračervenou spektrometrii s Fourierovou transformací (FTIR). Zkouška byla provedena na spektrometru Nicolet Impact 410.

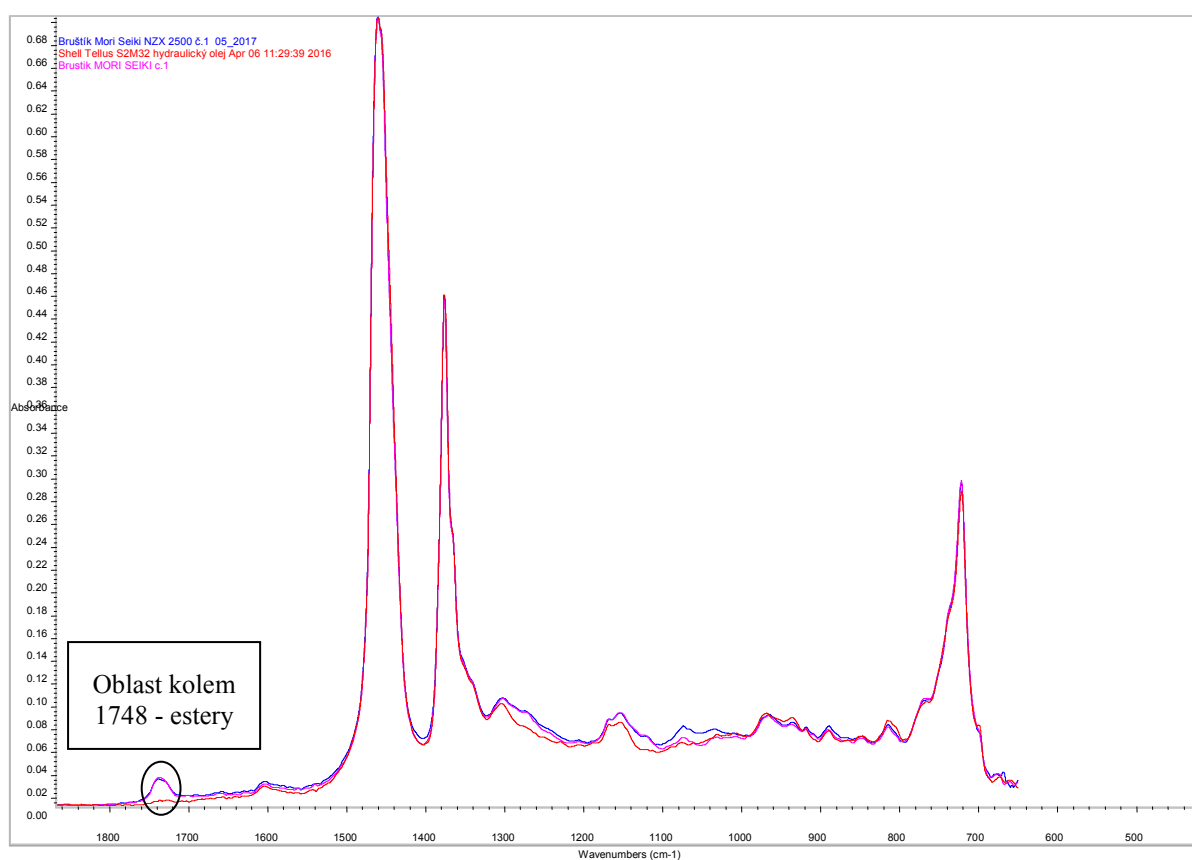
Po důkladném pročištění dna nádoby z krystalu selenidu zinečnatého, jsme nanесли tenkou vrstvu testovaného vzorku. Záření prochází krystalem a zároveň proniká i zkoumaným vzorkem oleje. Vzorek poté absorbuje záření vlnových délek, které odpovídá molekulárnímu složení zkoumaného vzorku.



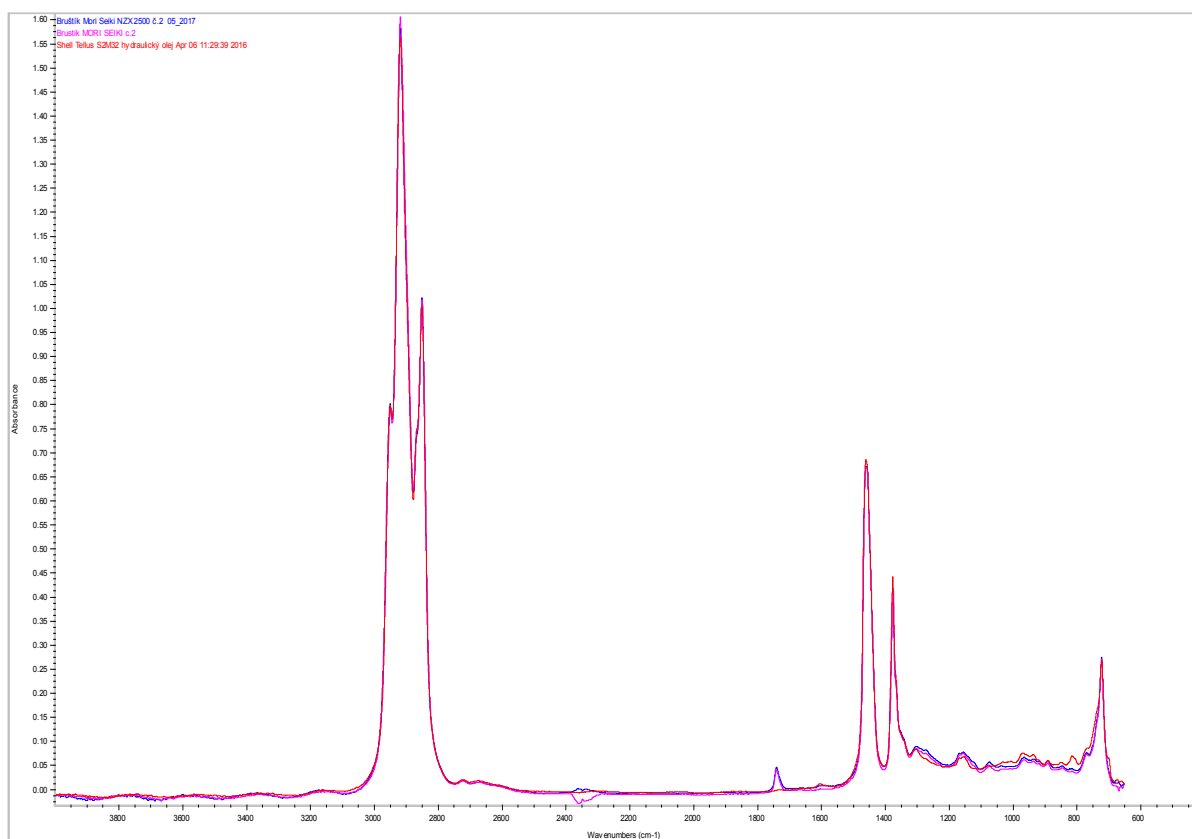
Obr. 16 Spektrometr Nicolet Impact 410



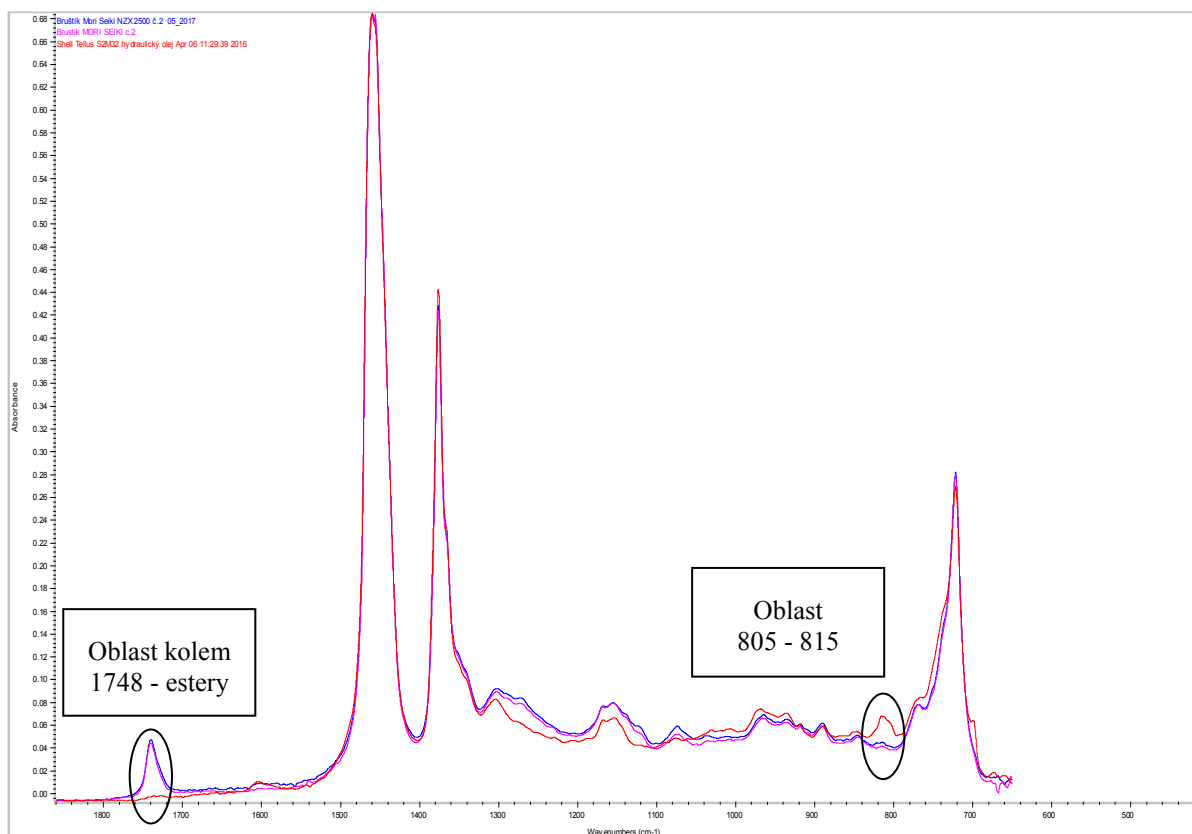
Obr. 17 Infračervené spektrum vzorku č.1 stroje Mori Seiki 103228



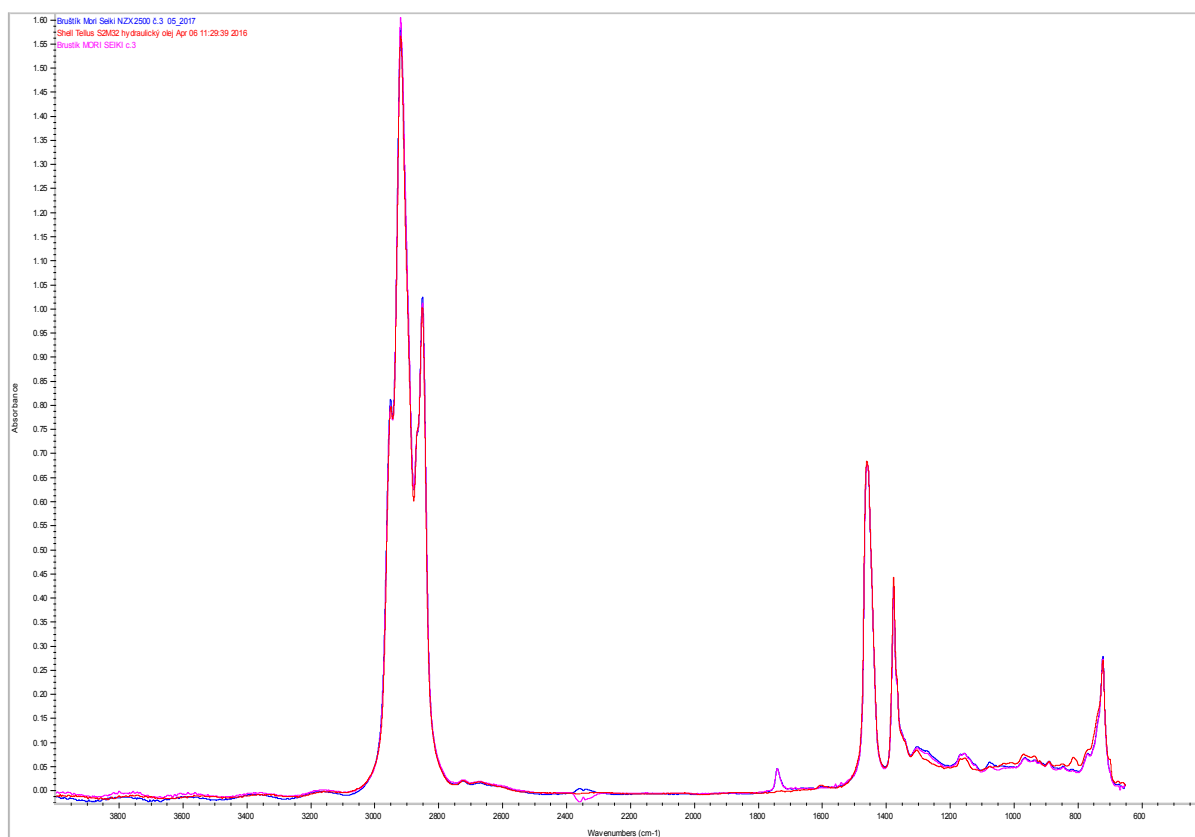
Obr. 18 Infračervené spektrum vzorku č.1 stroje Mori Seiki 103228 – detail



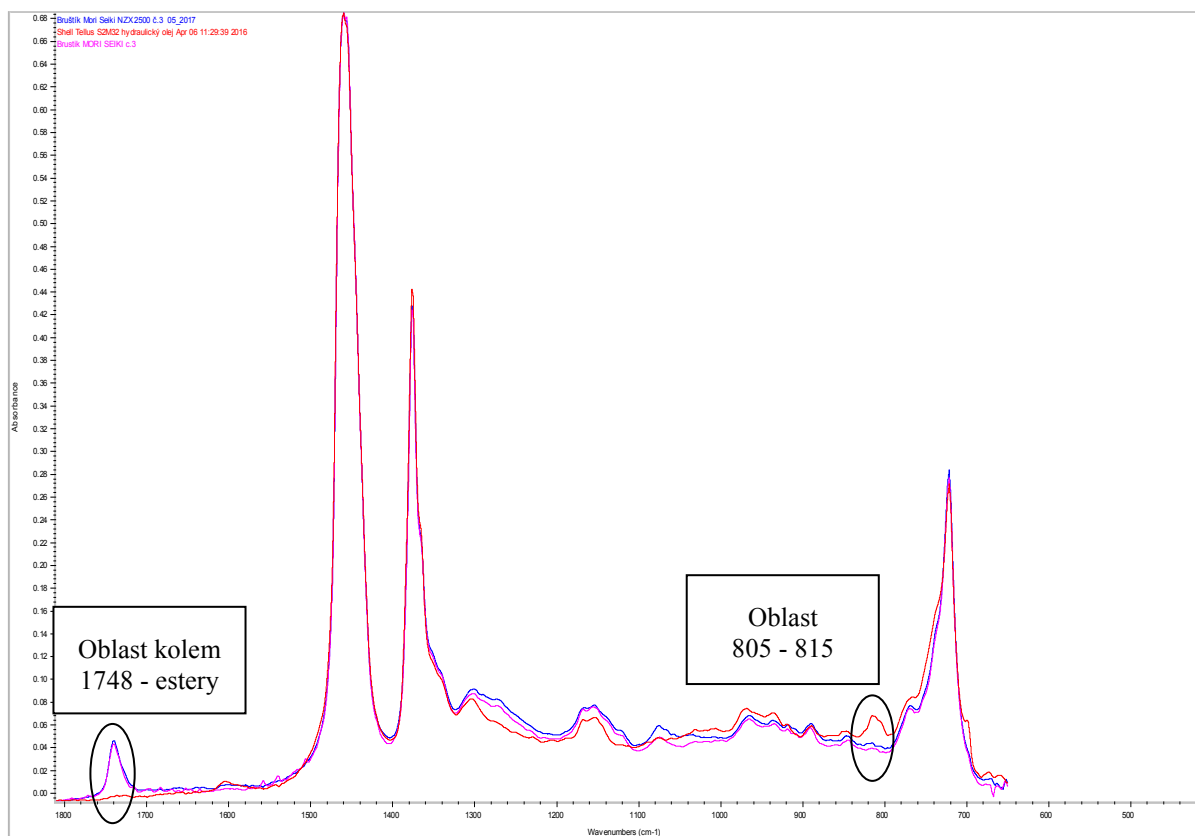
Obr. 19 Infračervené spektrum vzorku č.2 stroje Mori Seiki 103364



Obr. 20 Infračervené spektrum vzorku č.2 stroje Mori Seiki 103364 - detail



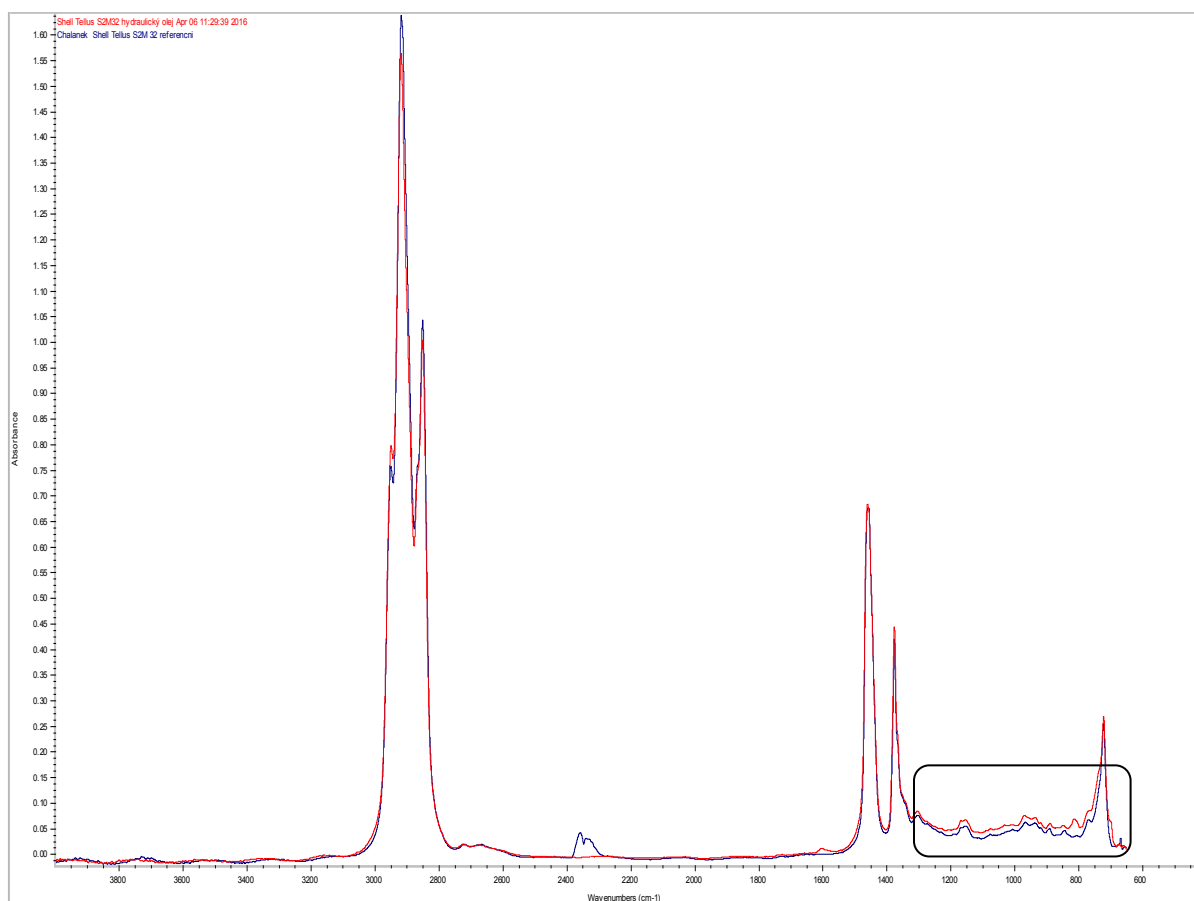
Obr. 21 Infračervené spektrum vzorku č.3 stroje Mori Seiki 103363



Obr. 22 Infračervené spektrum vzorku č.3 stroje Mori Seiki 103363 – detail

Z infračerveného spektra můžeme vyčíst, že u všech vzorků odebraných v roce 2016 (fialová křivka) i u všech vzorků z roku 2017 (modrá křivka) dochází v oblasti okolo 1748 cm⁻¹ k nárůstu esterů. Podle mého názoru se jedná o kontaminaci hydraulického oleje jiným druhem syntetického nebo polosyntetického oleje. Mohlo dojít k záměně olejů při pravidelném doplňování nebo se může jednat o špatné těsnění. Nutno říci, že se nejedná o značné znečištění, ale je třeba prověřit a sjednat nápravu.

Druhý a třetí vzorek v oblasti 805 – 815 cm⁻¹ vykazuje mírnou změnu od referenčního vzorku (červená křivka). V tomto případě se mimo jiné může jednat o znečištěnou vzorkovnici. Ani tady se nejedná o značné znečištění, které by ohrožovalo životnost hydraulického oleje nebo samotného stroje.



Obr. 22 Porovnání referenčních vzorků Shell Tellus S2M32 ze dvou různých závodů

Na obrázku 22 porovnávám dva referenční vzorky stejného typu ze dvou různých závodů. V označené oblasti 600 – 1300 cm⁻¹ vidíme, že ani dva referenční vzorky nejsou úplně shodné a může docházet k mírným odchylkám.

Tab. 5 Výsledky měření vzorku č. 1 stroje 103228 z roku 2017

Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	33,07
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,37
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,05	0,1	0,007
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	13,2
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		18/16/13		20/19/15
Kód čistoty	třída	NAS1638		7		12
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		10	30	33,3
obsah Cu				15	25	6,9
obsah Cr				12,5	15	7,4
obsah Sn				10	30	<3
obsah Si					30	<1

Tab. 6 Výsledky měření vzorku č. 2 stroje 103364 z roku 2017

Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,44
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,12
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,05	0,1	0,004
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	14,4
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		18/16/13		20/18/14
Kód čistoty	třída	NAS1638		7		11
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		10	30	41,9
obsah Cu				15	25	5,4
obsah Cr				12,5	15	8,3
obsah Sn				10	30	<3
obsah Si					30	<1

Tab. 7 Výsledky měření vzorku č. 3 stroje 103363 z roku 2017

Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² /s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,37
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,15
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,05	0,1	0,005
Mechanické nečistoty	mg/100cm ³	ČSN 65 6220		20	50	8,4
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		18/16/13		18/17/13
Kód čistoty	třída	NAS1638		7		9
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		10	30	<1
obsah Cu				15	25	4,2
obsah Cr				12,5	15	7,4
obsah Sn				10	30	<3
obsah Si					30	<1

4.8. Mazací plán

Mazací plány strojů Mori Seiki pro mou diplomovou práci poskytla firma Filtration Technology.

Mazací plán slouží jako pomůcka pro správné a včasné doplňování provozních kapalin. V našem případě se jedná o hydraulický olej, olej pro kluzná vedení, chladicí kapalinu a vřetenový olej. Jednotlivé kapaliny jsou barevně rozlišeny, aby nedocházelo k zaměnění a nesprávnému doplnění. Mazací plán obsahuje obrázky nebo fotografie mazaných míst, které označujeme stejnými barvami jako kapaliny, které do daného místa patří.

Mazací plán určuje intervaly pravidelných kontrol a celkových výměn.

Tab. 8 Mazací plán společnosti Filtration Technology

Název stroje	Označení	Číslo stroje	Středisko
MORI SEIKI	1	103363	3320

Seznam použitých médií			
Pozice	Mazivo ISO/DIN	Množství	Interval
Hydraulický olej	SHELL TELLUS S2M 32	50 L	1x týdně
Olej pro kluzná vedení	SHELL TONNA S3M 68	5 L	1x týdně
Chladicí kapalina	ECOCOOL R-3515 MB-MOD	750 L	1x denně
Vřetenový olej	VELOCITE NO.3	3 L	1x týdně

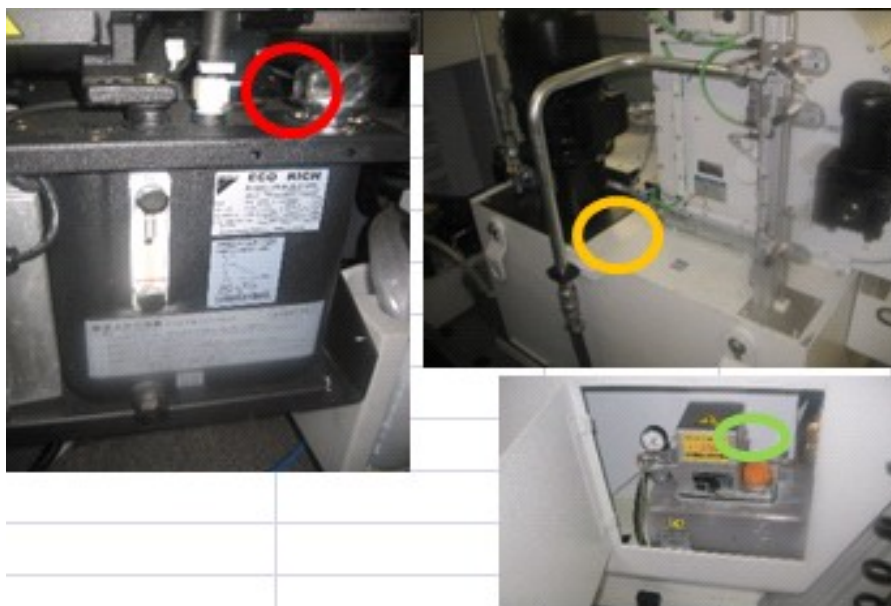
Činnost	Popis	Množství	Interval
Výměna olejů	SHELL TELLUS S2M 32	50 L	dle analýzy
	VELOCITE NO.3	3 L	1x ročně
	SHELL TONNA S3M68	5 L	1x ročně
Výměna emulze	ECOCOOL R-3515 MB-MOD	750 L	1x ročně
Kontrola emulze	Refraktometr	750 L	1x denně
Kontrola pH			1x týdně
Čištění stroje			1x ročně
Analýza mech.znečištění	SHELL TELLUS S2M 32	50 L	1x ročně



Obr. 23 Mori Seiki NZX 2500/1000 [11]

Tab. 9 Barevné označení plnicích otvorů

Značení plnicích otvorů	
Typ oleje	Barva
Hydraulický olej	Red
Olej pro kluzná vedení	Green
Chladicí kapalina	Yellow
Vřetenový olej	Brown



Obr. 24 Označení plnicích otvorů [11]

5. ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na vytvoření plánu preventivních prohlídek a predikce u CNC strojů Mori Seiki.

Základ pro vytvoření plánu preventivních prohlídek vychází z naměřených hodnot vzorků olejů, které jsem v průběhu let 2016 a 2017 diagnostikoval v tribotechnické laboratoři VŠB TU v Ostravě ve spolupráci se specialisty z oboru tribotechnické diagnostiky.

Naměřené hodnoty uvádím v tabulkách 5,6,7. U vzorků č. 1 a č. 2 z roku 2017 došlo k nárůstu mechanických nečistot i kódu čistoty a také k nárůstu prvku železa, které vykazují nadlimitní hodnoty. U vzorku č. 3 došlo k mírnému nárůstu kódu čistoty, ale z barvy filtru je zřejmé velké množství produktů degradace. Proto doporučuji vyměnit všechny tři náplně hydraulického oleje a dále postupovat podle návrhu mazacího plánu.

Tab. 5 Plán preventivních prohlídek

	INTERVAL	HODNOTY
Vzhled	denně	vizuální kontrola, olej bez zápachu, bez výrazné změny barvy
Kinematická viskozita při 40°C	čtvrt ročně	odchylka od referenční hodnoty $\pm 10\%$
Číslo kyselosti	čtvrt ročně	zvýšení max o 0,2 mg/g KOH
Obsah vody	čtvrt ročně	zvýšení max o 0,05 %
Mechanické nečistoty	čtvrt ročně	kód čistoty dle ČSN ISO 4406, NAS1638
Prvková analýza	čtvrt ročně	nesmí přesáhnout stanovené limity
Kontrola emulze	denně	refraktometr
Kontrola pH	týdně	
Čištění stroje	ročně nebo dle technického stavu stroje	

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAREK, Jiří a kol. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Brno: MM publishing, 2014. ISBN 9788026067801.
- [2] ŠAFR, Emil. *Technika mazání*. 2. doplněné vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1970.
- [3] HELEBRANT, František. *Technická diagnostika a spolehlivost I: Tribodiagnostika*. Ostrava, 2000.
- [4] DVOŘÁK, Lukáš. *Vlastnosti tekutin*. Ostrava, 2010.
- [5] SEJKOROVÁ, Marie. *Metody tribotechnické diagnostiky*. Ostrava, 2014.
- [6] Tribotechnika. *Tribotechnika* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.cz/zaklady-oboru>
- [7] *Tribotechnika* [online]. Tech Park [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42009/opotrebeni-materialu.html>
- [8] *Filtration* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.filtration.cz/>
- [9] *Oleje: Svět maziv* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/p/shell-tellus-s2-m-32-20-l--17241>
- [10] *Řízení a údržba průmyslového podniku* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/outsourcing-mazani-v-podniku-elektrarny-rafinerie-prumysl-20lete-zkusenosti-a-postrehy/>
- [11] Podklady společnosti Česká zbrojovka a.s. Uherský Brod